

А.Ю. Домников, канд. экон. наук, доц.  
ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, Екатеринбург

## **АСПЕКТЫ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА НАПРАВЛЕНИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ**

В рамках общей проблемы по формированию научно-методической базы системных исследований в условиях реформирования энергетики данная работа преследует цели разработки принципов и методов многокритериального сопоставления альтернативных вариантов развития энергообъектов. Разработан методический подход к проведению многокритериального анализа направлений технического перевооружения электростанций, применяемый в задачах развития энергообъектов при неоднозначности исходной информации на основе теории нечетких множеств.

В современных условиях развития экономики имеется существенная ограниченность современных методов исследований в энергетике, которые были, главным образом, ориентированы на систему централизованного управления. С ростом экономической самостоятельности энергокомпаний и формированием конкуренции в значительной мере расширяется круг объектов системы управления электроэнергетикой, а «центр тяжести» исследований эффективности развития во многом переносится на корпоративный уровень. Одновременно существенно возрастает важность учета неопределенности будущих условий развития и функционирования энергетики.

Проводимые реформы в энергетике требуют внесения существенных корректив в идеологию критериального анализа для задач развития энергетики. Задачи развития региональной энергетики в современных условиях представляют собой наиболее характерный класс задач, для которых проблема учета многокритериальности стоит наиболее остро. Поэтому представляет интерес их классификация по специфике методических подходов к решению. В этом отношении можно выделить три группы задач:

- 1) формирование территориально-производственной структуры электроэнергетики региона;
- 2) дифференциация территории региона по условиям сооружения энергетических объектов;
- 3) сопоставление альтернативных направлений развития электроэнергетики и вариантов электроэнергетических объектов по их составу, типам и параметрам.

Сформулированный круг задач представляет широкий спектр от разработки стратегий развития электроэнергетики региона до выбора рационального варианта сооружения или реконструкции объекта.

Для всех этих задач наибольшую актуальность и сложность представляют исследования, связанные с обоснованием решений по электрогенерирующим источникам. Это объясняется необходимостью учета многосторонних связей с

отраслями ТЭК, крупномасштабного воздействия на инфраструктуру и природную среду региона, а также значительной инвестиционной емкостью и инерционностью систем энергетики.

Отмеченные обстоятельства требуют соответствующего развития средств и процедур обоснования и принятия решений по структурной и технической политике в электроэнергетике на основе многокритериального анализа возможных альтернатив и достижения эффективного компромисса и консенсуса между заинтересованными сторонами [1].

Проблемы технического перевооружения электрогенерирующих источников носят комплексный характер. Их решение должно основываться на предпроектных исследованиях возможных альтернатив развития электроэнергетики в части продления сроков службы и обновления оборудования существующих объектов в сопоставлении с новым энергетическим строительством. Проведение таких исследований требует разработки соответствующего методического обеспечения, позволяющего учитывать влияние будущих условий экономики и топливно-энергетического комплекса, а также экологические факторы.

Под техническим перевооружением электроэнергетики понимается комплекс мероприятий, направленных на повышение эффективности действующих электроэнергетических объектов [2;3]. Исходя из этого, к техническому перевооружению ТЭС отнесены следующие мероприятия:

- 1) замена узлов и деталей основного и вспомогательного оборудования, отработавшего эксплуатационный ресурс времени;
- 2) замена физически изношенного и морально устаревшего оборудования на новое;
- 3) изменение тепловых схем ТЭС (применение парогазовых надстроек и др.);
- 4) перевод ТЭС на более высокие параметры пара;
- 5) утилизация энергоресурсов избыточных параметров;
- 6) перевод конденсационных электростанций или отдельных турбин в теплофикационный режим;
- 7) перевод энергетического оборудования в режим регулирования суточных и недельных графиков электрических нагрузок;
- 8) перевод ТЭС на сжигание непроектных видов топлива;
- 9) осуществление природоохранных мероприятий (замена или установка устройств по очистке дымовых газов и сточных вод и др.);
- 10) замена действующих или применение новых средств механизации и автоматизации;
- 11) специальные мероприятия по улучшению условий труда и его безопасности

Данные виды технического перевооружения структурированы в двух аспектах:

- по целевой направленности мероприятий;
- по характеру работ, выполненных на ТЭС.

При анализе целевой направленности мероприятий по техническому перевооружению ТЭС выделены следующие основные задачи:

- 1) продление сроков службы энергетического оборудования;
- 2) увеличение производственных мощностей, а также объемов производства энергетической продукции – электрической и тепловой энергии;
- 3) существенное улучшение основных системных характеристик - устойчивости параллельной работы и др.;
- 4) повышение эффективности использования энергетических, трудовых и материальных ресурсов;
- 5) повышение эффективности охраны окружающей среды и безопасности объектов;
- 6) повышение эффективности инвестиционных процессов в условиях самфинансирования.

Следует отметить, что в процессе данной структуризации целей выделен только «верхний слой». В дальнейшем потребовалось провести более детальный анализ «дерева целей» с выходом на совокупность показателей для количественной оценки альтернативных вариантов и формированием системы критериев эффективности.

В процессе обобщения возможных направлений технического перевооружения выделены четыре альтернативных варианта восстановления мощностей, подлежащих рассмотрению на стадии предпроектных разработок:

Вариант 1. Продление сроков службы энергетических объектов путем модернизации вспомогательного и основного энергетического оборудования с заменой физически изношенных элементов, в основном, работающих в зонах высоких температур и давлений.

Вариант 2. Замена существующего оборудования новым с сохранением прежних типоразмеров.

Вариант 3. То же, на базе новых технологий производства электроэнергии (природоохранных, энерго- и ресурсосберегающих).

Вариант 4. Сооружение новой электростанции.

Разработанный механизм многокритериального анализа иллюстрируется на примере технического перевооружения СУГРЭС, работающей на природном газе. В качестве направлений технического перевооружения СУГРЭС выбраны три варианта, а в качестве общей альтернативы строительство новой ТЭС (см. табл. 1).

Таблица 1

Характеристика альтернативных вариантов ТЭС на природном газе

Показатели	Варианты			
	Техническое перевооружение			Новая ТЭС
	1	2	3	4
1. Назначение варианта	Продление сроков эксплуатации	Восстановление мощности		Альтернативный источник

Окончание табл. 1

2. Общая техническая характеристика	Модернизация оборудования	Замена оборудования с сохранением типоразмеров	Установка нового оборудования	Установка нового оборудования
3. Площадочные условия	В существующем главном корпусе		В новом главном корпусе	На новой площадке
4. Тип энергетического оборудования	К-300-240	К-300-240	ПГУ-450	ПГУ-450
5. Число и мощность агрегатов, ед.*МВт	3*300	3*300	2*450	2*450

Таблица 2

## Оценки критериев по альтернативным вариантам

Критерии (подкритерии)	Альтернативные варианты			
	1	2	3	4
<i>1. Энергетический</i>				
1.1. Удельный расход топлива, гут/кВтч	360±36	330±33	245±24,5	245±24,5
1.2. Коэффициент готовности, %	79±7,9	77±7,7	80±8	83±8,3
1.3. Выработка электрической энергии на начальном этапе, млрд.кВт ч	5,5±0,55	5,4±0,54	5,75±0,58	5,85±0,59
1.4. Срок службы, лет	15±1,5	25±2,5	25±2,5	30±3
<i>2. Экологический</i>				
2.1. Удельные выбросы окислов азота, г/МДж	125±12,5	145±14,5	92±9,2	96±9,6
2.2. Цена условного выброса, долл./у.т.	3,3±0,33	3,8±0,38	2,3±0,23	2,3±0,23
2.3. Удельная плата за земельные ресурсы, тыс. долл./га	0	0	6±0,6	6±0,6
2.4. Потребность в земле, га	0	0	100±10	200±20
<i>3. Экономический</i>				
3.1. Удельные капиталовложения, долл./кВт	270±27	800±80	490±49	550±55
3.2. Себестоимость, долл.*10 <sup>-3</sup> /кВт ч	8,9±0,8	6,8±0,6	5,4±0,5	5,7±0,5
3.2. Интегральный эффект, долл.*10 <sup>-3</sup> /кВт ч	25±2,5	22±2,2	24±2,4	33±3,3
3.3. Интегральные затраты, долл.*10 <sup>-3</sup> /кВт ч	11,4±1,14	23,2±2,32	14,6±1,46	18,6±1,86

В качестве исходных данных для проведения многокритериального анализа приняты количественные оценки по рассматриваемым подкритериям, приведенные в табл. 2. При этом учитывались возможные интервалы неоднозначности этих оценок. Сопоставление альтернативных вариантов проведено с по-

мощью разработанного программно-вычислительного комплекса многокритериального анализа в нечетких условиях (на базе MS Excel). При этом постулировалось, что функция предпочтения имеет экспоненциальный вид [3-6].

Расчеты выполнены в пределах заданного диапазона возможных изменений весовых коэффициентов по группам критериев, разбивка которого проведена с шагом, равным 0,25.

Результаты многокритериального анализа приводятся в табл. 3. Ранжирование альтернатив по степени недоминируемости в зависимости от весовых коэффициентов по группам критериев иллюстрируется на рис. 1-3.

При относительно широком диапазоне весовых оценок по группам критериев (0,25-0,5), в который попадает случай равновероятности этих групп, наиболее эффективным оказался вариант технического перевооружения электростанций на базе новых технологий производства электроэнергии – вариант 3. Этот же вариант обладает наибольшей степенью недоминируемости в сравнении с остальными альтернативами по энергетическому и экологическому критериям (при их весах, равных 1). В указанных условиях вторым по предпочтительности является вариант сооружения новой ТЭС (вариант 4). Более низкий ранг последнего, как показывает анализ, обуславливается: по энергетическому критерию – существенно меньшими объемами производства электроэнергии на начальном этапе (из-за увеличения сроков энергетического строительства) и по экологическому критерию – потребностью в дополнительном отводе земель для новой электростанций. При повышенном весе эффективности экономического критерия (0,75-1) становится более эффективным вариант продления сроков службы электростанций (вариант 1), обладающий более благоприятными инвестиционными характеристиками.

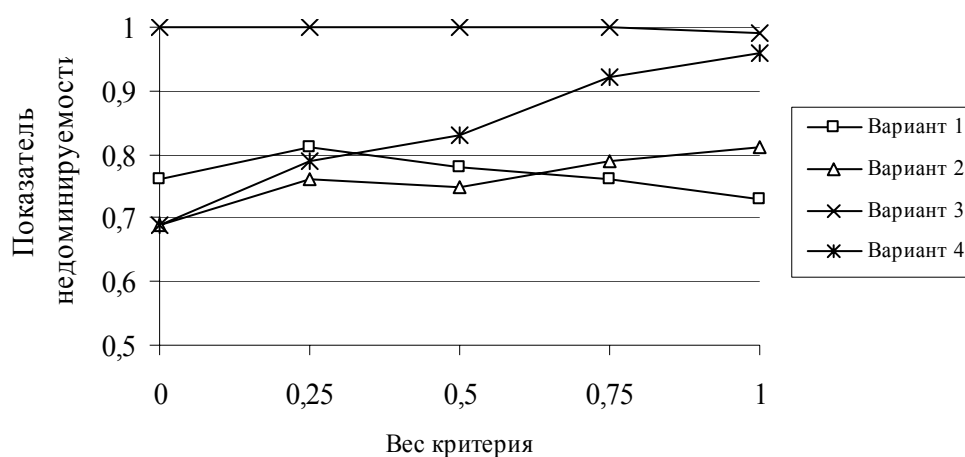
Таким образом, по результатам проведенного многокритериального анализа в зону эффективности попадают варианты 1 и 3. Выбор между этими альтернативами может быть сделан исходя из тактических и стратегических соображений развития энергообъекта. Так, для краткосрочной перспективы развития энергообъектов наиболее предпочтителен вариант 1, а исходя из планов долгосрочного развития вариант 3.

Таблица 3

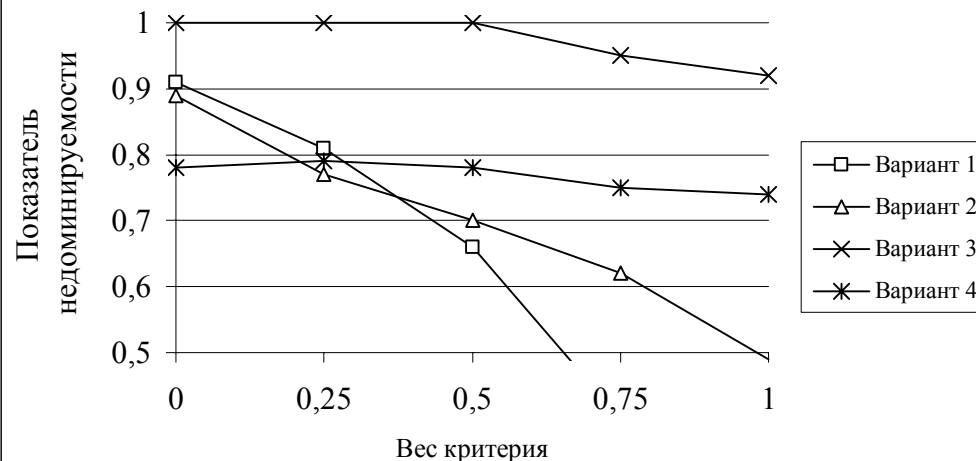
## Результаты многокритериального анализа вариантов

Веса критериев, %															Степени недоминируемости альтернативных вариантов			
1. Энергетический					2. Экологический					3. Экономический					1	2	3	4
в т.ч. по подкритериям					в т.ч. по подкритериям					в т.ч. по подкритериям								
Всего	1.1.	1.2.	1.3.	1.4.	Всего	1.1.	1.2.	1.3.	1.4.	Всего	1.1.	1.2.	1.3.	1.4.				
0	0	0	0	0	50	12,5	13	12,5	12,5	50	12,5	12,5	13	12,5	0,76	0,69	1	0,69
25	6,25	6,25	6,3	6,3	37,5	9,38	9,4	9,38	9,38	37,5	9,38	9,38	9,4	9,38	0,81	0,76	1	0,79
50	12,5	12,5	13	13	25	6,25	6,3	6,25	6,25	25	6,25	6,25	6,3	6,25	0,78	0,75	1	0,83
75	18,8	18,8	19	19	12,5	3,13	3,1	3,13	3,13	12,5	3,13	3,13	3,1	3,13	0,76	0,79	1	0,92
100	25	25	25	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,73	0,81	0,99	0,96
50	12,5	12,5	13	13	0	0	0	0	0	50	12,5	12,5	13	12,5	0,91	0,89	1	0,78
37,5	9,38	9,38	9,4	9,4	25	6,25	6,3	6,25	6,25	37,5	9,38	9,38	9,4	9,38	0,81	0,77	1	0,79
25	6,25	6,25	6,3	6,3	50	12,5	13	12,5	12,5	25	6,25	6,25	6,3	6,25	0,66	0,70	1	0,78
12,5	3,13	3,13	3,1	3,1	75	18,8	19	18,8	18,8	12,5	3,13	3,13	3,1	3,13	0,4	0,62	0,95	0,75
0	0	0	0	0	100	25	25	25	25	0	0	0	0	0	0,3	0,49	0,92	0,74
50	12,5	12,5	13	13	50	12,5	13	12,5	12,5	0	0	0	0	0	0,56	0,64	1	0,84
37,5	9,38	9,38	9,4	9,4	37,5	9,38	9,4	9,38	9,38	25	6,25	6,25	6,3	6,25	0,75	0,72	1	0,82
25	6,25	6,25	6,3	6,3	25	6,25	6,3	6,25	6,25	50	12,5	12,5	13	12,5	0,85	0,79	1	0,76
12,5	3,13	3,13	3,1	3,1	12,5	3,13	3,1	3,13	3,13	75	18,8	18,8	19	18,8	0,99	0,84	0,99	0,67
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	25	25	25	25	1	0,74	0,98	0,45

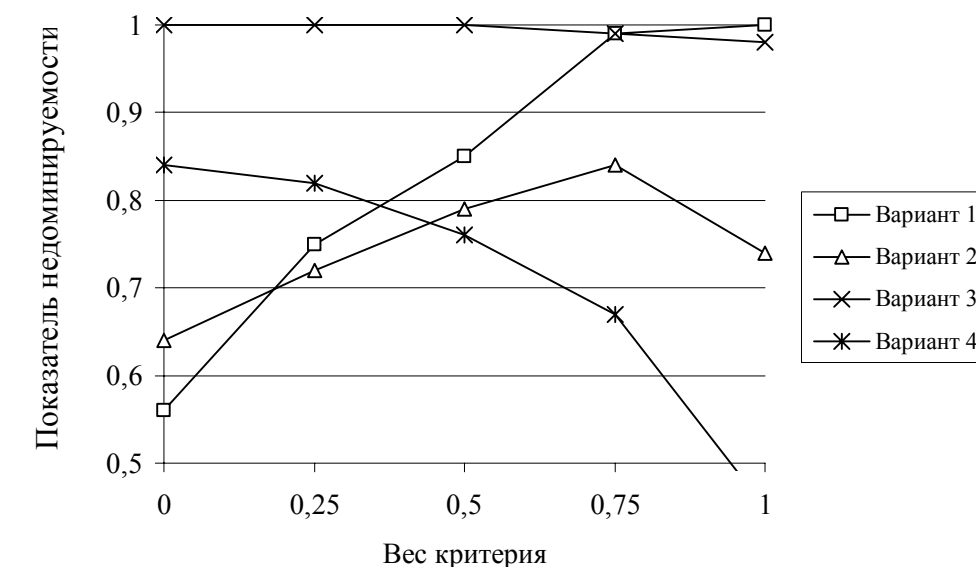
**Рис. 1. Ранжирование альтернативных вариантов по энергетическому критерию**



**Рис. 2. Ранжирование альтернативных вариантов по экологическому критерию**



**Рис. 3. Ранжирование альтернативных вариантов по экономическому критерию**



### **Выводы**

1. На основе предложенного методического подхода и разработанных вычислительных средств разработан механизм многокритериального анализа для наиболее широкого класса задач развития электроэнергетики – задач развития электрогенерирующих источников.

2. Проведено исследование направлений технического перевооружения электрических станций и выявлены их зоны эффективности.

3. Разработан пакет сервисных программ, позволяющий проводить многокритериальный анализ выбора вариантов технического перевооружения в нечеткой среде.

### **Библиографический список**

1. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. – М.: Мир, 1990. – 208 с.

2. Методические положения по определению экономической эффективности капитальных вложений на реконструкцию и расширение предприятий. Свердловск: ИЭ УрО РАН, 1985. – 75 с.

3. Домников А.Ю., Козьмина З.Ю., Бродов Ю.М., Плотников П.Н., Домникова Л.В. Оценка экономической эффективности модернизации энергетического оборудования // Электрические станции, 2003. №12. – с. 34-41.

4. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. – М.: Наука, 1981. – 206 с.

5. Арзамасцев Д.А. Введение в многоцелевую оптимизацию энергосистем. Свердловск: УПИ, 1984. – 83 с.

6. Домников А.Ю., Домникова Л.В. Оценка экономической эффективности модернизации энергетического оборудования. Сборник научных статей «Проблемы преобразования управления российскими предприятиями». Екатеринбург, Изд-во ИМИР, 2002.